

## Kurzfassungen der englischen Beiträge

**Brian J. Handy und John C. Greene**

### **Vorhersage der Leistung von Kondensatreinigungsanlagen mit Hilfe eines mathematischen kinetischen Modells**

NNC Limited bietet Dienstleistungen an, die auch Harztests einschließen. Es werden viele Harzeigenschaften wie die Kapazität, Korngrößenverteilung und kinetische Leistung von Anionenaustauschern in Form von Stoffaustauschkoeffizienten gemessen. Die Autoren haben lange überlegt, wie die in Kondensatreinigungsanlagen (KRA) gewonnenen Messwerte für die Vorhersage der zu erwartenden Anlagenleistung verwendet werden könnten. Dies wurde durch die Entwicklung eines mathematischen Modells, das das Verhalten der KRA unter Verwendung geeigneter experimentell ermittelten Parameter und Auslegungsdaten der Anlage vorhersagt, erreicht.

Bevor das Mischbett als ganzes betrachtet werden konnte, wurden für die Anionen- und Kationenaustauscherkomponenten Simulationsverfahren entwickelt. Ursprünglich wurde ein analytisches Verfahren verwendet, das sich für einfache Fälle bewährte. Für kompliziertere Beispiele bewährte sich ein numerischer Ansatz. Der Beitrag beschreibt die Entwicklung des Modells für das Bett von Kationen- und Anionenaustauschern und für das Mischbett. Im letzteren werden die zuerst simulierten Anionen- und Kationenaustauscherkomponenten kombiniert und zur Vorhersage der charakteristischen Konzentrationen von Ammonium, Natrium, Chlorid und Sulfat verwendet. Es werden Beispiele aufgezeigt und Beobachtungen und interessante Gesichtspunkte in Bezug auf die gerechneten Konzentrationsprofile diskutiert.

Das experimentelle Verhalten einer Vielzahl von Harzproben aus betriebenen Anlagen wurde in einem speziellen Kreislauf mit ultrareinem Wasser untersucht. Der Kreislauf war mit einer Reihe von analytischen Geräten bestückt. Auf diese Weise konnten dann die experimentell gewonnenen Ergebnisse mit den Ergebnissen der Simulationen verglichen werden. Für die nächste Stufe der Modellentwicklung sind die Vergleiche der Voraussagen mit der tatsächlichen KRA-Leistung geplant. Dafür werden Betreiber gesucht, die an einer Zusammenarbeit bei diesem Vorhaben interessiert sind.

**AAllen Ablett, Satish I. Kuriyavar, Gary L. Foutch und Phung Tran**

### **Mechanismus der Verschmutzung von Ionenaustauschern in Mischbettfiltern mit Ethanolamin**

Im Sekundärkreislauf von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren werden Amine als Alkalisierungsmittel zur Herabsetzung der Korrosion verwendet. Ethanolamin (ETA) ist ein Alkalisierungsmittel, das gegenwärtig in vielen

Anlagen eingesetzt wird. Einige Betreiber haben jedoch über Verschmutzung von Anionenaustauschern mit ETA berichtet. Die Verschmutzung führt zur Herabsetzung der Standzeit von Austauschern. Dieser Beitrag liefert vorläufige Analysen der chemischen Wechselwirkungen bei den aufgetretenen Verschmutzungs-/Kapazitätsabbauproblemen der Harze in Druckwasserreaktor-Anlagen, die mit dem Einsatz von Ethanolamin einhergehen.

**Masayoshi Hirano, Satoshi Itaba, Toshio Sakurada, Yukio Imaizumi, Takao Minami, Li-Bin Niu und Hiroshi Takaku**

### **Die Wirkung von niedrigen Konzentrationen korrosiv wirkender Stoffe auf das Korrosionsverhalten von Niederdruckturbinenwerkstoffen für fossilbefeuerte Kraftwerke unter wechselnden Trocken-Nass-Bedingungen**

Die Werkstoffe der Schaufelbefestigung im Bereich der letzten Stufen der Niederdruckturbine werden schweren Korrosionsbedingungen durch alternierende Trocken- und Nassphasen ausgesetzt. Dieses Phänomen ist durch häufige Stillstände sowie durch Laständerungen verursacht. Das Spannungsrisskorrosionsverhalten (SpRK-Verhalten) der typischen Werkstoffe, die in diesem Bereich zum Einsatz kommen, wurde mit SpRK-Tests unter Trocken-Nass-Bedingungen mit elektrochemischen Verfahren bewertet. Bei beiden untersuchten Werkstoffen (3.5 NiCrMoV und 12 Cr Stähle) war es unter diesen Bedingungen das Sulfation, das am stärksten die Empfindlichkeit gegenüber der SpRK beeinträchtigte. Sulfate werden auch am stärksten in Spalten aufkonzentriert. Das Chloridion war die nächste korrosionsfördernde Komponente; Natrium hatte kaum eine Wirkung in Bezug auf die SpRK. Das gleichzeitige Vorhandensein von Spalten und Belastung erhöht beträchtlich die Anfälligkeit des Stahles 3.5 NiCrMoV gegenüber der SpRK. Die maximale Lochfraßtiefe wächst mit steigendem Sauerstoffgehalt im Wasser und steigt signifikant im Spaltbereich an. Die Betrachtung der Empfindlichkeit gegenüber der SpRK und der Eigenschaften der Korrosionsschichten hat gezeigt, dass der Chromgehalt des Stahles die Empfindlichkeit gegenüber der SpRK und das Korrosionspotential bestimmt. Dies kann durch die Bildung der passiven  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -Schicht bewirkt sein.

**Albert Bursik**

### **Konditionierung mit Polyaminen/Aminen – eine vernünftige Alternative für die chemische Fahrweise von Hochdruck-Wasserdampfkreisläufen mit Trommelkesseln**

Die Polyamin/Amin-Fahrweise wird in einer Vielzahl von Wasserdampfkreisläufen in fossilbefeuerten Anlagen, insbesondere in der Strom- und Dampferzeugung in der Indus-

trie, verwendet. In den letzten zehn Jahren steigt die Anwendung dieser Fahrweise in Kraftwerken an. Dieser Beitrag befasst sich mit der Anwendung der Polyamin/Amin-Fahrweise in Anlagen mit Trommelkesseln, auch wenn eine Fallstudie über die Anwendung dieser Fahrweise in Blöcken mit Zwangsdurchlaufkesseln beschreibt, vorgelegt wird. Das größte Hindernis in Bezug auf die Anwendung dieser Fahrweise in Kraftwerken ist die Tatsache, dass bei der Polyamin/Amin-Anwendung die Leitfähigkeit (hinter starksaurem Kationenaustauscher gemessen) im Dampf leicht ansteigt.

Die Betriebserfahrungen in der Strom- und Dampferzeugung in der Industrie und in Kraftwerken zeigen, dass der leichte Anstieg der Leitfähigkeit bei Turbinen zu keinen Problemen führt, vorausgesetzt, dass der pH-Wert mit Hilfe der niedermolekularen flüchtigen Amine, die in der Polyamin/Amin-Formulierung enthalten sind, korrekt eingestellt wird. Untersuchungen zur Feststellung der tatsächlichen Wechselwirkung zwischen dem leicht kontaminierten Dampf und den Turbinenwerkstoffen in Gegenwart geeigneter Alkalisierungsmittel (niedermolekularer Aminen mit günstigen Verteilungskoeffizienten), d.h., wenn das erste Kondensat entsprechend alkalisch ist, werden vorgeschlagen.

**Terry L. Maddox und Kal Farooq**

#### **Beherrschung des Kupfertransports während des Anfahrens mit Hochleistungs-Kondensatfiltration**

Bildung von Kupferbelägen auf Turbinenschaufeln, welche Verluste in der Turbinenleistung verursachen, treten ziemlich häufig in Anlagen mit Hochdruck-Trommelkesseln, insbesondere wenn der Druck  $\geq 17.9$  MPa ist, auf, wenn in der Berohrung von Kondensator und Niederdruck- und Hochdruckvorwärmern Kupferlegierungen verwendet werden. Die primäre Quelle der Kupferbeläge in der Turbine sind Kupferoxide, die gebildet werden, wenn während des Stillstandes Werkstoffe in Kontakt mit Wasser und Luft kommen. Diese Oxide, zusammen mit anderen Metalloxiden und kieselensäurehaltigen Feststoffen lösen sich während des Anfahrvorgangs ab und werden weiter transportiert. Sie setzen sich ab oder zirkulieren im System und werden bei günstigen Bedingungen (Temperatur, Druck, Alkalität) zu löslichen Produkten. Feststoffe werden deshalb als die Quelle der gelösten Stoffe betrachtet; deshalb ist deren Entfernung in Bezug auf die Bildung löslicher Produkte und der Kupferbeläge von Vorteil. Neben der Kupferoxide sind auch signifikante Mengen an Eisenoxiden vorhanden, die möglicherweise Korrosion unterhalb von Belägen verursachen und wie Kieselensäure auf den Turbinenschaufeln Beläge bilden.

Da die Mediumtemperaturen niedrig sind und die meisten Feststoffpartikel suspendiert vorliegen (bewirkt durch thermische Ausdehnung, Vibration und Strömung), stellt der Anfahrvorgang den besten Zeitpunkt für das Abfangen von Feststoffkontaminationen dar. Aus den Kraftwerken wird berichtet, dass Kupferkonzentrationen beim Anlagenstart

mehr als 1.000 mal höher sind als die im Normalbetrieb. Kraftwerke haben bis jetzt zur Herabsetzung des Feststofftransports beim Anfahren verschiedene Konservierungsmaßnahmen eingeführt. Die verbesserten Konservierungsmaßnahmen helfen die Oxidation der Metalloberflächen zu minimieren, bessere Anfahrverfahren helfen die Menge der transportierten Feststoffe im Kondensat und Speisewasser zu minimieren. Als Beispiel möglicher Verbesserungen können das Verwerfen von Vorwärmerkondensat und starke Kesselabsatzung während der ersten Stunden des Anfahrens genannt werden.

Zusätzliche Untersuchungen im Kraftwerk Ottumwa haben gezeigt, dass die Installation eines mechanischen Filters im Kondensatsystem den Transport von Feststoffpartikeln wesentlich herabsetzen und dadurch folglich auch die Menge der gelösten Metallspezies im Kesselwasser reduzieren kann. Durch Verringerung der Umwandlung von Feststoffen zu löslichen Spezies, insbesondere bei Kupfer, wird die Bildung von Belägen im Kessel und auf den Turbinenschaufeln herabgesetzt. Beide Prozesse haben negative Auswirkungen auf die Anlagenzuverlässigkeit und -wirtschaftlichkeit. Der Einsatz des Pall Ultipleat High Flow Filters, das speziell für Anwendungen in Kondensatsystemen entworfen wurde, hilft die Problematik der Feststoffe während des Anfahrvorgangs zu beherrschen.

**Santhanam Ranganathan, Madapuzi P. Srinivasan, Pandalgudi S. Raghavan, Sevilmedu V. Narasimhan und Raghavachary Gopalan**

#### **Studie zur Auflösung von Nickelferriten in verdünnten chemischen Dekontaminationsformulierungen**

Nickelferrite stellen ein wichtiges Korrosionsprodukt auf den inneren Leitungsoberflächen wassergekühlter Reaktoren dar. Die Auflösung von Nickelferriten in Komplexbildnern ist in Bezug auf die Art des Chelats und des in der Formulierung verwendeten Reduktionsmittels sowie auf die Auflösungstemperatur sehr empfindlich. Die Auflösung ist hauptsächlich durch die reduktive Auflösung der Ferritpartikel gesteuert, die Komplexbildner spielen bei der Auflösung auch eine signifikante Rolle. Die Studie behandelt die Auflösung von Eisen und Nickel aus Nickelferrit, das aus festen Komponenten hergestellt wurde. Die Auflösungsversuche wurden bei 85 °C mit Formulierungen von Pyridin-2,6-dikarbonsäure (PDCA), Nitrilotriessigsäure (NTA), und Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA), die organische Reduktionsmittel (wie Ascorbinsäure) und Ionen von Übergangsmetallen niedriger Oxidationsstufe wie Fe(II)-L (wo L = PDCA, NTA, EDTA) enthalten haben, durchgeführt. Die Auflösung von Nickelferriten in PDCA-, NTA- und EDTA-Formulierungen wird durch die Gegenwart von Reduktionsmitteln beeinflusst. Der Zusatz von Fe(II)-L in der Formulierung steigert außerordentlich die Auflösung von Nickelferriten. Die bevorzugte Abgabe von Nickel (im Vergleich zu Eisen) wurden bei der Auflösung von Nickelferriten in allen Formulierungen festgestellt.